

Teoria das restrições, pesquisa operacional e programação linear, estudo de caso com utilização do solver.

Ronaldo Enderli Bodanese

José Adrelino De Oliveira

Idionir Scalabrin

Claudionor José Mores

Resumo:

O mercado consumidor tem levado as empresas a um processo constante de mudanças, pois exige cada vez mais produtos de qualidade e com menor custo. As empresas reagem lançando novos produtos, promovendo mudanças nas suas organizações, em todos os aspectos de sua gestão, no sentido de melhorar processos e capacitar pessoas. Diante disso, torna-se vital tirar o maior proveito de todos os recursos disponíveis na organização, otimizando a utilização, controlando e reduzindo custos, aumentando a eficácia e maximizando os resultados. Encontrar meios e ferramentas gerenciais ou de controladoria que facilitem essa tarefa é o desafio proposto aqui. Procuramos apresentar uma metodologia que se propõe a auxiliar na tarefa de otimizar os recursos da empresa. Através da Programação Linear, função Solver, associada aos conceitos da Teoria das Restrições, efetuou-se um estudo de caso na Colliseu Indústria de Móveis Ltda, onde a principal atividade é a produção de mesas para escritório. Os resultados expostos, após a utilização da Programação Linear, apresentaram uma série de informações estratégicas que possibilitam ao gestor, por exemplo, escolher o melhor produto a ser produzido no mesmo processo, decidir lançar um novo produto, incentivar a venda dos produtos existentes, aceitar, ou não, uma encomenda especial, dentre outras.

Área temática: *Gestão Estratégica de Custos*

Teoria das restrições, pesquisa operacional e programação linear, estudo de caso com utilização do solver

Ronaldo Enderli Bodanese (URI – Campus de Erechim, Brasil) bodanese@awo.com.br

José Adrelino de Oliveira (URI – Campus de Erechim, Brasil)

Ms.Idionir Scalabrin (URI – Campus de Erechim, Brasil) scalabrin@uri.com.br

Ms.Claudionor José Mores (URI – Campus de Erechim, Brasil) claumores@morlass.com.br

Resumo

O mercado consumidor tem levado as empresas a um processo constante de mudanças, pois exige cada vez mais produtos de qualidade e com menor custo. As empresas reagem lançando novos produtos, promovendo mudanças nas suas organizações, em todos os aspectos de sua gestão, no sentido de melhorar processos e capacitar pessoas. Diante disso, torna-se vital tirar o maior proveito de todos os recursos disponíveis na organização, otimizando a utilização, controlando e reduzindo custos, aumentando a eficácia e maximizando os resultados. Encontrar meios e ferramentas gerenciais ou de controladoria que facilitem essa tarefa é o desafio proposto aqui. Procuramos apresentar uma metodologia que se propõe a auxiliar na tarefa de otimizar os recursos da empresa. Através da Programação Linear, função Solver, associada aos conceitos da Teoria das Restrições, efetuou-se um estudo de caso na Colliseu Indústria de Móveis Ltda, onde a principal atividade é a produção de mesas para escritório. Os resultados expostos, após a utilização da Programação Linear, apresentaram uma série de informações estratégicas que possibilitam ao gestor, por exemplo, escolher o melhor produto a ser produzido no mesmo processo, decidir lançar um novo produto, incentivar a venda dos produtos existentes, aceitar, ou não, uma encomenda especial, dentre outras.

Palavras-chave: Custos, Restrições, Programação Linear.

Área Temática: Gestão Estratégica de Custos.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade e as empresas mudaram muito e continuam mudando cada vez mais. A competição está cada vez mais acirrada, exigindo que as empresas se adaptem rapidamente. Sabe-se da dificuldade que as empresas enfrentam, principalmente as de pequeno porte, em dispor de recursos para novos investimentos.

O conhecimento de todos os fatores que interagem e influenciam no processo de decisão, bem como recursos e atividades que limitam a produção, são de fundamental importância para que se possa aumentar a produção e, conseqüentemente, os ganhos com os recursos disponíveis da empresa.

Tendo como foco os recursos da empresa, como avaliar a sua utilização, grau de eficácia com que estão sendo consumidos e a maximização do lucro obtido por meio da utilização racional dos mesmos sem que haja novos investimentos?

A Contabilidade de Custos deve prover o administrador com informações de forma a auxiliá-lo no processo de decisão e gestão mesma de custos.

Todas as decisões da empresa envolvem a utilização de recursos na utilização de sua capacidade instalada, considerando sempre a incansável busca por melhores resultados; logo, a otimização do recurso é um dos principais fatores que vão determinar o resultado. Hoje, os métodos utilizados pelos empresários, na maioria dos casos, é a redução de custos e aplicação de novos investimentos para o aumento da produção. A analogia que se usa é comparar a empresa com uma corrente, ou seja, cada anel representa um setor ou uma atividade da empresa o qual pode ter vários tamanhos e dimensões. Se tracionar uma corrente, onde ela quebrará? No seu elo mais fraco, na sua restrição. Logo, se queremos aumentar a resistência da corrente, onde devemos concentrar nossos esforços? No elo mais fraco, na restrição. A restrição do sistema é que dita seu desempenho; logo, se quiser aumentar o desempenho do sistema, precisamos identificar a restrição e fortalecê-la. Restrição pode ser qualquer um dos recursos que a empresa dispõe: uma máquina, um setor, uma matéria-prima, o próprio mercado ou o capital quando se tem que decidir onde investir. Se aumentarmos a resistência de qualquer outro elo que não o mais fraco, não estaremos melhorando o desempenho da corrente como um todo.

Este trabalho tem como objetivo apresentar, através da programação linear em conjunto com a teoria das restrições e a pesquisa operacional, um modelo de gestão de produção, em que o administrador possa interagir, simular cenários e, conseqüentemente, melhorar o processo de tomada de decisões.

REFERENCIAL TEÓRICO

Três conceitos foram fundamentais para a realização deste estudo de caso: Teoria das Restrições, Pesquisa Operacional e Programação Linear (Função Solver). Promover a interdisciplinaridade desses conhecimentos é o desafio. Assim, é importante apresentar uma breve síntese dos principais conceitos envolvidos para facilitar o acompanhamento do estudo.

Teoria das restrições

A TOC (Theory of Constraints) teve início na década de 70, quando o físico Israelense Eliyahu Goldratt se envolveu com as logísticas de produção. Goldratt desenvolveu uma formulação matemática para o planejamento da fábrica de um amigo que produzia gaiolas para aves. Essa formulação, conforme afirma Bernardi (1996) tornou-se a base do software OPT (optimized production technology). O software foi sofrendo uma série de aperfeiçoamentos a partir da experiência prática proporcionada pela implantação do sistema. Goldratt percebeu que cada descoberta de um problema e sua respectiva solução estavam embasadas em princípios específicos. Esses eram lógicos e quase óbvios, mas o pensamento tradicional de encarar os problemas de uma empresa os ignorava.

Segundo o autor, existem dois tipos de restrições. As primeiras, físicas, que engloba mercado, fornecedor, máquinas, materiais, pedido, projeto, pessoas, e é denominada de restrição de recursos. O segundo tipo de restrição é denominado de restrição política, formada por normas, procedimentos e práticas usuais do passado.

Goldratt abraça fortemente os conceitos de JIT “Just in time” e “TQM – Total Quality Management”, caracterizando-os, juntamente com sua “TOC – Theory of Constraints”, como novas filosofias de gerenciamento global. Ele afirma que esses enfoques consubstanciaram-se nos três poderosos movimentos que, nos anos 80, desafiou quase tudo o que era previamente aceito. (Guerreiro, 1999)

A TOC é baseada no princípio de que existe uma causa comum para muitos efeitos, de que os fenômenos que vemos são conseqüências de causas mais profundas.

A TOC encara a empresa como um sistema, um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. Cada elemento depende um do outro de alguma forma, e o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os seus elementos. (Corbett, 1997 P. 39)

Conforme Corbett (1997, p. 42) a partir desse raciocínio foi criado o processo de otimização contínua da TOC, sempre conduzindo os esforços em direção à meta de qualquer sistema, e contém cinco etapas:

Identificar a(s) restrição(ões) do sistema.

Decidir como explorar a(s) restrição(ões) do sistema.

Subordinar tudo o mais à decisão acima.

Elevar a(s) restrição(ões) do sistema.

Se, num passo anterior, uma restrição foi quebrada, volte à primeira etapa, mas não deixe que a inércia cause uma restrição no sistema.

Pesquisa Operacional

Segundo Horgren (1978) a Pesquisa Operacional é a aplicação de métodos científicos para auxiliar na tomada de decisão. É a alocação eficiente de recursos escassos. Ela representa o mundo real através de modelos matemáticos e, utilizando-se de métodos quantitativos, resolve esses modelos com o objetivo de otimizá-los.

Conhecida também como Managemnt Science, a pesquisa operacional tem como base a utilização de métodos analíticos quantitativos formais para ajudar na solução de problemas e tomada de decisões. Num cenário de negócios cada vez mais competitivo, a compreensão de processos e a busca pela eficiência nas empresas deixaram de ser um mero detalhe. Em ambientes de produção em média e larga escalas, este trabalho às vezes se revela grande demais para ser resolvido de forma útil sem uma análise mais rigorosa.

O termo pesquisa operacional (em inglês: Operations Research) foi empregado pela primeira vez, em 1939, como uma tentativa de englobar, sob uma única denominação, todas as técnicas existentes, ou que viriam a ser desenvolvidas, e que tinham o mesmo objetivo citado. Mas a pesquisa operacional começou a ser aplicada e a ter algum resultado na Segunda Guerra Mundial, quando se tinham problemas para detectar navios e submarinos pelo radar, relação entre o peso das bombas e os sinistros, ações aéreas anti-submarinas, dimensionamento ótimo dos comboios, lançamento aéreo de minas, manobras de navios para evitar kamikazes e precisão dos bombardeios. Após a 2ª Guerra Mundial, começou-se a utilizar a pesquisa operacional nas indústrias para a programação da produção, controle de estoques, programação de vendas, problemas de transportes, manutenção e substituição de equipamentos, estudos de mercado, planejamento de atividades quaisquer, investimentos, problemas de layout, problemas de localização, etc.

De uma maneira geral, todas as disciplinas que constituem a pesquisa operacional se apóiam em quatro ciências fundamentais: econômica, matemática, estatística e informática. As técnicas mais utilizadas pela pesquisa operacional são: Teoria dos Jogos, Teoria dos Grafos (PERT/COM), Teoria das Filas, Teoria da Simulação, Programação Linear, Probabilidade e Estatística Matemática e Programação Dinâmica. As áreas de aplicação abrangem fábricas, escritórios, hospitais, fazendas, estradas, etc.

Dessa forma, segundo Florentino (1983), a pesquisa operacional utiliza qualquer meio científico, matemático ou lógico para fazer frente aos problemas que se apresentam quando o executivo procura um raciocínio eficaz para enfrentar seus problemas de decisão. Com isso, a pesquisa operacional é desenvolvida da seguinte maneira: formular o problema; construir um modelo matemático para representar o sistema; deduzir uma solução do modelo; testar o modelo e a solução; estabelecer controle sobre a solução; pôr a solução em funcionamento.

Pode-se aplicar a pesquisa operacional em diversos campos, sendo os mais comuns:

- Em relação às pessoas: organização e gerência; absenteísmo e relações de trabalho; economia; decisões industriais; pesquisa de mercado.
- Em relação às pessoas e máquinas (produção): eficiência e produtividade; organização e fluxos em fábricas; métodos de controle de qualidade, inspeção e amostragem; prevenção de acidentes; organização de mudanças tecnológicas.

Programação Linear

A Programação Linear, para Gonçalves (1995), é uma técnica de planejamento que vem se constituindo como uma das mais poderosas em quase todos os ramos da atividade humana. Seus benefícios são exatamente aqueles procurados por qualquer empresa: diminuição dos custos e aumento dos lucros. Em algumas organizações ela está, inclusive, embutida em suas rotinas informatizadas de planejamento diário dos processos de operação.

Essa técnica foi criada em 1946 e tem sido aplicada nas áreas mais diversas. Algumas aplicações se tornaram clássicas, tais como: formulação de alimentos, rações e adubos; blindagem de ligas metálicas e petróleo; transporte; localização industrial; carteira de ações (Investimentos); alocação de recursos em fábricas, fazendas, escritórios, etc; designação de pessoas e tarefas (Composição de tabelas de horários); corte de barras e chapas.

O objetivo da programação linear é encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações reais. Mas qual é a magnitude desse benefício dentro das empresas? Segundo pesquisas efetuadas em empresas que têm utilizado essa ferramenta, a redução de custos se enquadra facilmente na faixa entre 1% e 5%, existindo casos que chegam até a 15%.

A programação linear foi desenvolvida durante a Segunda Guerra Mundial e era usada como um instrumento de administração das estratégias militares. Posteriormente foi utilizada como ferramenta das mais eficazes nos problemas de decisão das organizações.

A programação linear é no campo mais vasto denominado programação matemática, uma das variantes de aplicação generalizada em apoio da decisão. O termo “programação” deve-se entender como “planejamento” e a qualificação “linear” deixam antever como as relações matemáticas utilizadas são funções lineares.

Para Bernardo (1996), este é um método matemático utilizado para a solução de problemas empresariais que dizem respeito à otimização na utilização de recursos pelas diversas tarefas ou atividades que devem ser realizadas. Em geral, nesses problemas, os recursos disponíveis são escassos, ou seja, não são suficientes para que cheguem a um nível o mais elevado que se deseje na execução de todas as atividades.

A programação linear é um método matemático poderoso para resolver os problemas em que exista um objetivo, a ser atingido, mas sujeito a restrições. As restrições à aplicação dos recursos, podem ser tanto em relação à forma de emprego como em relação às quantidades existentes. Quer dizer, a programação linear tem um conjunto de procedimentos e métodos matemáticos para tratar, de forma lógica, problemas que envolvam o uso de recursos escassos.

Os problemas que a programação linear permite resolver são inúmeros. García (1998) diz que, em geral, esta é a técnica ideal para dizer qual é a melhor combinação de materiais, mão-de-obra e recursos físicos que proporcione maximizar, minimizar ou igualar um certo item. Decisões, como qual a melhor combinação de recursos para maximizar o lucro de uma empresa, é o objeto de discussão deste trabalho. No caso proposto será discutida, passo a passo, a solução de um problema de maximização do lucro. Observe, mais à frente, no caso proposto, que a programação linear aplica-se a um modelo de decisão em condições de certeza, que possui restrições que afetam a alocação de recursos entre usos alternativos.

Dessa forma, a programação linear é uma das técnicas da pesquisa operacional mais utilizadas em se tratando de problemas de otimização. Os problemas de programação linear buscam a distribuição eficiente de recursos limitados para atender a um determinado objetivo, em geral, maximizar lucros ou minimizar custos. Em se tratando de programação linear, esse objetivo é expresso através de uma função linear, denominada “função-objetivo”.

É necessário também que se definam quais as atividades que consomem recursos e em que proporções os mesmos são consumidos. Essas informações são apresentadas em forma de equações ou inequações lineares, um para cada recurso. Ao conjunto dessas equações e/ou inequações, denominam-se “restrições do modelo”.

Normalmente têm-se inúmeras maneiras de distribuir os recursos escassos entre diversas atividades em estudo, bastando para isso que essas distribuições estejam coerentes com as restrições do modelo. No entanto, o que se busca, num problema de programação linear, é a função-objetivo, isto é, a maximização do lucro ou a minimização dos custos. A essa solução dá-se o nome de “solução ótima”. Assim, ela se incumbe de achar a solução ótima de um problema, uma vez definido o modelo linear, ou seja, a função-objetivo e as restrições lineares.

Os contadores de custos devem, no mínimo, ser capazes de reconhecer, nas empresas, os problemas que podem ser analisados e solucionados pela programação linear. A contabilidade de custos fornece dados aos contadores, que lhes permitem especificar os objetivos, as restrições e as variáveis do modelo a ser resolvido pela programação linear e, com os recursos computacionais atuais, a solução do modelo fica mais ágil. É necessário que os contadores sejam capazes de elaborar o modelo e também analisar a solução deste, para colaborar com o objetivo fundamental da contabilidade que é o de prover o usuário de informações para a tomada de decisões.

No entanto, Souza (1991) afirma que o método da programação linear deve observar os seguintes procedimentos, para solucionar um problema: Definir o problema - para isso, é preciso identificar o objetivo pretendido, as variáveis de decisão, ou seja, as variáveis que estão ligadas a esse objetivo, e ainda, quais as limitações e relações a que estas variáveis estão sujeitas. O objetivo, em geral, é maximizar ou minimizar um item, observando se os recursos disponíveis são escassos, ou seja, possuem condições restritivas. O modelo é codificado em uma linguagem simbólica, no caso, através de equações e inequações matemáticas lineares. Dessa forma, o mundo real será representado através de um modelo matemático, permitindo que sobre ele apliquem-se técnicas e métodos matemáticos que facilitem a solução do problema.

Definido o problema, é preciso obter a solução desse através do modelo construído. Para a solução do problema podem ser utilizados os métodos: do gráfico, da tentativa e erro, simplex, dentre outros. Hoje, existem muitos programas de computador, softwares, disponíveis no mercado para solucionar problemas de programação linear, fáceis de serem operados.

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Dentre os vários modelos de móveis para escritório existentes, a Industria Colliseu possui uma linha própria de modelos que são voltados para os mercados mais econômicos. Para utilização da programação linear, foi utilizado o software Solver da Microsoft.(encontra-se inserido no Excel).

Custos e Despesas Fixas

Para a obtenção dos custos e despesas fixas da empresa, foram apurados valores médios mensais do último trimestre conforme informações gerenciais, podendo assim ocorrer pequenas variações, para mais ou para menos. Foram classificados, como custos fixos, gastos referentes ao setor produtivo da empresa e despesas, os gastos considerados administrativos.

Roteiro de Produção

Pode-se destacar que o processo de produção da empresa é dividido em cinco atividades principais, que são: metalúrgica, corte, tupia, montagem e embalagem. A empresa dispõe de quatro funcionários que não ocupam funções específicas dentro da produção, ou seja, operam em todos os setores e máquinas na linha de produção. A atual estrutura física da empresa permite que a mesma contrate novos funcionários sem a necessidade de investimentos em máquinas e equipamentos. Apuraram-se a quantidade de minutos utilizados para a produção de cada produto em cada setor, hora/máquina, a quantidade de minutos consumidos, hora/homens, e a quantidade disponível existente.

Fichas Técnicas

Para a definição do custo de matéria-prima dos produtos analisados, foram desenvolvidas fichas técnicas para cada produto, informando detalhadamente tipo, quantidade e custo de matéria-prima, quantidade de mão-de-obra, e percentuais de despesas incidentes sobre as vendas, como impostos, comissões, transporte, etc.

Formação do Preço de Venda

Segundo o administrador, a empresa possui uma planilha de custos variáveis de cada um dos itens que produz. O preço de venda é constituído com os valores de custo da matéria-prima, acrescido dos impostos incidentes sobre as vendas.

Observou-se que a empresa não possui um método de custeio específico. Alguns dos parâmetros utilizados assemelham-se com o custo variável. A formação do preço de venda baseia-se no preço praticado pela concorrência e observando a margem de contribuição.

Faturamento Médio do Mix de Produtos

Para a obtenção do faturamento da empresa, foram apuradas as vendas, nos últimos três meses, dos principais produtos industrializados e comercializados pela empresa, formando assim um faturamento médio. Para a seleção dos produtos a serem analisados, utilizou-se a curva ABC como parâmetro, a qual considera 80% dos produtos mais vendidos e 20% dos produtos menos vendidos, compondo assim um MIX de produtos.

Análise de Vendas Médias

Essa análise tem como objetivo, através das quantidades de vendas médias de cada produto fabricado, identificar o resultado atual da empresa, quantidade de tempo utilizado e ociosidade existente na empresa. Esses dados permitem avaliar a atual situação da empresa, fator indispensável para a análise dos produtos, estratégia de vendas e comparações com simulações de cenários futuros.

PRODUTO COD	Quantidade Vendida	Preço Venda Unit.	Custo Variável	Faturamento
1001	109	57,06	29,46	6.219,54
1009	12	18,64	8,71	223,68
1011	16	96,10	49,01	1.537,60
1013	1	107,85	55,09	107,85
1015	1	41,53	22,39	41,53
1017	8	54,59	29,70	436,72
1019/27	84	96,62	47,21	8.116,08
1019/29	64	104,28	49,15	6.673,79
1021/29	93	112,00	53,51	10.416,00
1021/31	98	124,57	59,12	12.207,86
1023/29/31	58	173,00	80,10	10.034,00
1025/29/31	11	179,54	83,33	1.974,94
1033	34	24,38	10,43	828,92
1035	8	105,40	51,01	843,20
1037	14	131,80	65,46	1.845,20
1039	1	142,17	68,25	142,17
1041	1	203,61	99,41	203,61
1043	7	237,51	116,85	1.662,57
TOTAIS	620			63.515,26

Recurso	Disponível	Utilizado	Ociosidade	%
Min/ Maq	49.949	20.610	29.339	58,74%
Min/ Hom	30.492	30.229	264	0,86%

DRE		
FATURAMENTO		63.515,26
(-) Despesas Variáveis Venda		(19.232,42)
Icms	R\$	(10.797,59)
CPMF	R\$	(241,36)
Comissão	R\$	(3.175,76)
Simplex	R\$	(5.017,71)
Faturamento Líquido		44.282,84
Custo do Produto Vendido (Mat. I)		30.523,70
Margem de Contribuição		13.759,13
Custos e Despesas Fixas		(6.347,66)
Resultado		7.411,47

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 1 - Análise das Vendas Atuais.

Observou-se que, com o mix de venda atual, a empresa obteve um faturamento de R\$ 63.515,26 e um lucro líquido de R\$ 7.411,47, e que, em relação à capacidade de produção, a empresa tem 58,7% de ociosidade referente à parte física, e apenas 0,9% nos recursos humanos. Pode-se assim afirmar que, se aumentarem as vendas da empresa, ela terá restrições de recursos humanos.

Ao analisar a composição das vendas, via Curva ABC de quantidades, verifica-se que o produto com maior quantidade de unidades vendidas é a Mesa Digitador 1001, com 17,6% das quantidades vendidas. Isso representa, em participação no valor total faturado, 9,8%. Por sua vez, a margem de contribuição é de 8,2% e utiliza 9,4% do recurso considerado Restrição, ou seja, a mão-de-obra disponível. Se se estabelecer um coeficiente entre a margem de contribuição unitária e tempo de produção unitário, chega-se a 0,3969 ($10,32/26=0,3970$). Isso significa dizer que, para cada um minuto de tempo de produção, tem-se R\$ 0,3970 de margem de contribuição. Portanto, para identificar o produto mais rentável para a empresa, basta, dividir a margem de contribuição unitária pelo tempo unitário de produção: quanto maior esse índice, melhor.

O produto 1021/31 apresenta uma participação nas quantidades vendidas menor que o 1001 em 11,39%, ou 15,8% das vendas totais, porém a participação no faturamento é maior em 96,28%, e a margem de contribuição total representa 19,7% da margem total da empresa, sendo a maior margem de contribuição, ou ainda, se se comparar, representa 140,24% maior que a margem de contribuição do produto mais vendido. Em primeira análise passa a impressão que esse produto é interessante para a empresa, mas, ao verificar a quantidade de tempo que este produto utiliza, do recurso mão-de-obra, percebe-se que são necessários 24,6% do tempo total da empresa para produzi-lo. O fator desse produto é 0,3649 (para cada 1 minuto produção, tem-se R\$ 0,3649 de margem). Assim, pode-se perceber que, apesar de ter uma maior participação na margem de contribuição, ao comparar com o produto 1011, ele tem a margem de contribuição, por minuto, menor.

Baseado na realidade da empresa, carteira de clientes e recursos disponíveis, é possível aumentar o resultado, sem novos investimentos, apenas com a otimização dos recursos disponíveis na empresa?

Análise com Restrição de Demanda e Produção

Utilizaram-se nesta análise do Solver, todas as restrições anteriormente indicadas, que são demanda de vendas máximas, vendas mínimas e capacidade de produção. Dessa forma pode-se avaliar qual é o mix de produtos. Dentro destas situações, torna-se interessante para a empresa priorizar em suas vendas.

COD	Solução	Venda	Demanda		Faturamento
	Solver	Média	Máx	Mín	
1001	48	109	213	48	2.738,88
1009	6	12	15	6	111,84
1011	23	16	23	8	2.162,25
1013	13	1	13	1	1.348,13
1015	1	1	13	1	41,53
1017	4	8	7	4	218,36
1019/27	107	84	134	37	10.327,19
1019/29	29	64	103	29	3.024,06
1021/29	149	93	149	41	16.632,00
1021/31	44	98	157	44	5.481,08
1023/29/31	93	58	93	26	16.089,00
1025/29/31	18	11	18	5	3.141,95
1033	15	34	34	15	365,70
1035	10	8	10	4	1.054,00
1037	25	14	25	8	3.295,00
1039	10	1	10	1	1.421,70
1041	13	1	13	1	2.545,13
1043	13	7	13	4	3.087,63
Total	618	620	1038	283	73.085,42

DRE		Solver	Original	Variação
FATURAMENTO		73.085,42	63.515,26	15,07%
(-) Despesas Variáveis	Venda	(22.422,61)	(19.232,42)	16,59%
Icms		(12.424,52)	(10.797,59)	15,07%
CPMF		(277,72)	(241,36)	15,07%
Comissão		(3.654,27)	(3.175,76)	15,07%
Simples		(6.066,09)	(5.017,71)	20,89%
Faturamento Líquido		50.662,81	44.282,84	14,41%
Custo do Produto Vendido		35.072,66	30.523,70	14,90%
Margem de Contribuição		15.590,15	13.759,13	13,31%
Custos e Despesas Fixas		(6.347,66)	(6.347,66)	0,00%
Resultado		9.242,49	7.411,47	24,71%

Recurso	Disponível	Utilizado	Ociosidade	%
Min/ Maq	49.949	20.652	29.297	58,65%
Min/ Hom	30.492	30.492	-	0,00%

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 2 - Análise com Restrição de Demanda e Produção.

Para o cálculo da tabela 2, são informados: tipos de produto, restrição de demanda e mix de ponto de equilíbrio, preço de venda, custo variável, tempo de produção. Todas as demais células são calculadas, inclusive a quantidade produzida, permitindo assim uma simulação de resultados com simples alteração dos itens vendidos.

Com a utilização do Solver com restrições de demanda, produção mínima e limite na capacidade de produção, verificou-se que houve um aumento significativo de 24,71% no lucro da empresa e de 15,07% do percentual em relação ao faturamento. Com esse resultado, o faturamento é de R\$ 73.085,42, alterando a faixa de tributação do Simples para 8,3%.

O total de quantidades vendidas permaneceu igual, alterando apenas o mix dos produtos, buscando vender os produtos que oferecem maior resultado. Observa-se que, nessas quantidades produzidas, está sendo consumido todo o tempo disponível de mão-de-obra, sendo, esse, o principal fator de restrição da empresa nesta análise, uma vez que a utilização da parte física da empresa (máquinas) corresponde a apenas 41,3% de sua capacidade.

PRODUTOS	QUAT. PRODUZIDA	PERDA/ GANHO	MARGEM CONTRIBUIÇÃO	R\$ por Minuto
1001	48	(1,19)	10,32	0,3969
1009	6	(1,25)	4,28	0,3424
1011	23	4,27	17,99	0,5803
1013	13	6,37	20,10	0,6484
1015	1	(2,73)	6,57	0,3129
1017	4	(1,83)	8,36	0,3635
1019/27	107	0,00	20,15	0,4429
1019/29	29	(4,79)	23,55	0,3680
1021/29	149	4,43	24,58	0,5402
1021/31	44	(5,93)	27,73	0,3640
1023/29/31	93	6,86	40,51	0,5330
1025/29/31	18	8,19	41,84	0,5505
1033	15	(1,84)	6,57	0,3458
1035	10	10,96	22,47	0,8642
1037	25	13,15	26,43	0,8810
1039	10	17,14	30,87	0,9958
1041	13	23,06	42,55	0,9670
1043	13	28,38	48,75	1,0598

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 3 - Relatório de sensibilidade e margem de contribuição por minuto.

O Relatório de sensibilidade, tabela 3, mostra informações fundamentais para redimensionar os recursos produtivos e de mercado, além de mostrar os volumes de produção e o uso das restrições. A coluna Quantidade Produzida representa o quanto de cada produto deverá ser produzido. A coluna Perda/Ganho representa o quanto se perde ou se ganha forçando a produção de algum produto. Por exemplo, cada unidade produzida a mais da mesa digitador 1001 reduz em R\$ 1,19 a margem de contribuição da empresa. A coluna Lucro Unitário representa o lucro unitário de cada produto produzido pela empresa.

Ao se aplicar a primeira análise do solve,r obtém-se a seguinte composição: o produto mais vendido em quantidade passa a ser o 1021/29, com 24% da quantidade vendida. Na situação original, esse produto apresentava uma participação de 15% na quantidade vendida. Teoricamente o produto mais vendido não deveria ser o produto 1043, identificado anteriormente como o produto mais rentável? Teoricamente, sim. Porém o sistema trabalha com restrições. Uma das restrições do modelo é a Demanda ou a quantidade de produtos que o mercado está disponível a comprar.

Também na tabela 3, apresenta-se a margem de contribuição por minuto/homem, utilizado como fator de restrição. O solver busca a solução, baseando-se nesse fator, considerando sempre as limitações do sistema (restrições) procurando o maior lucro global com melhor utilização dos recursos.

Produtos que antes tinham grande participação nas unidades vendidas, tal como a mesa digitador 1001 que participava 17,6%, passa a ter somente 7,8; uma redução de 55,7% na quantidade vendida. Cabe ressaltar que permanece essa quantidade de venda, pois os produtos que se apresentam mais rentáveis que ele, possuem restrição de quantidade.

Análise com Restrição de Capital

Observou-se que a empresa sofreu uma reestruturação, eliminando diversas atividades que eram desenvolvidas internamente, passando assim a comprar materiais semiprontos. Houve também uma redução no quadro de funcionários. Tudo isso devido a dificuldades financeiras sofridas pela empresa, em períodos anteriores. Segundo os proprietários, a empresa não atende à demanda existente no mercado, por não dispor de capital de giro suficiente para a compra de matéria-prima, surgindo assim a possibilidade de escolher qual o mix de produto a ser produzido em maior quantidade, capaz de maximizar o lucro da empresa.

Com base nesses dados, procurou-se avaliar qual seria o mix de produtos que passaria a ser interessante para a empresa produzir, mantendo as restrições da análise anterior e limitando ou incluindo como restrição o capital de que a empresa apresenta atualmente.

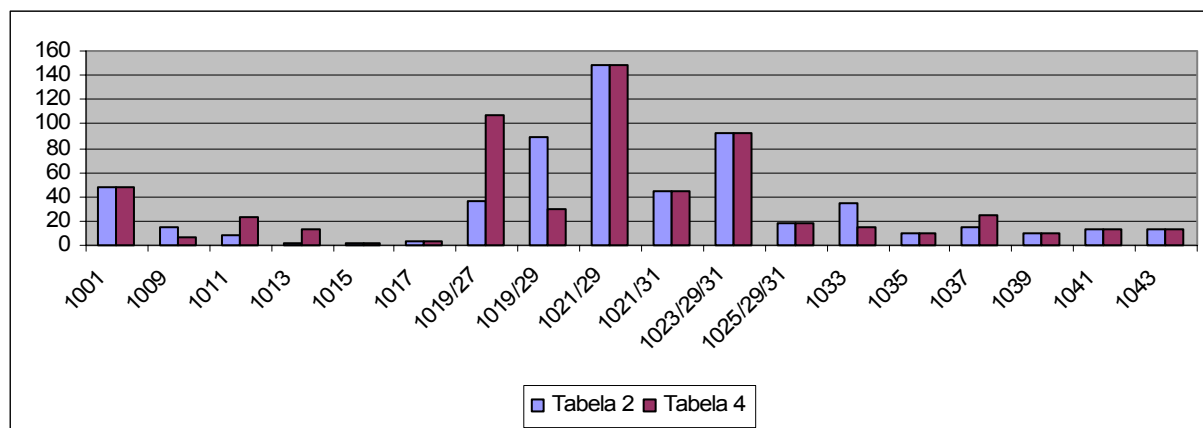
COD	Solução Solver	Venda Média	Demanda Máx.	Demanda Mín.	DRE	Solver	Original	Variação
1001	48	109	213	48	FATURAMENTO	69.265,85	63.515,26	9,05%
1009	15	12	15	6	(-) Despesas Variáveis Ven	(20.973,70)	(19.232,42)	9,05%
1011	8	16	23	8	lcms	(11.775,19)	(10.797,59)	9,05%
1013	1	1	13	1	CPMF	(263,21)	(241,36)	9,05%
1015	1	1	13	1	Comissão	(3.463,29)	(3.175,76)	9,05%
1017	4	8	7	4	Simples	(5.472,00)	(5.017,71)	9,05%
1019/27	37	84	134	37	Faturamento Líquido	48.292,15	44.282,84	9,05%
1019/29	88	64	103	29	Custo do Produto Vendido	33.000,00	30.523,70	8,11%
1021/29	149	93	149	41	Margem de Contribuição	15.292,15	13.759,13	11,14%
1021/31	44	98	157	44	Custos e Despesas Fixas	(6.347,66)	(6.347,66)	0,00%
1023/29/31	93	58	93	26				
1025/29/31	18	11	18	5				
1033	34	34	34	15	Resultado	8.944,49	7.411,47	20,68%
1035	10	8	10	4				
1037	16	14	25	8	Recurso	Disponível	Utilizado	Ociosidade
1039	10	1	10	1	Min/ Maq	49.949	20.536	29.413
1041	13	1	13	1	Min/ Hom	30.492	30.492	(0)
1043	13	7	13	4				%
	600	620	1038	283				

fonte dados da pesquisa

Tabela 4 - Análise com Restrição de Capital.

Nessa análise do Solver, tabela 4, além das restrições anteriores, foi acrescentada a restrição de capital de giro, no valor de R\$ 33.000,00. Situação, essa, verdadeira nas condições atuais da empresa. Nessa o lucro da empresa aumentou 20,68% em relação às vendas atuais e diminuiu 3,22% em relação à análise anterior. Constata-se que a capacidade de produção atual foi toda utilizada.

Comparando essa análise com a anterior, nota-se que as duas análises utilizam toda a capacidade de produção, porém oferecendo resultados diferentes. Esta constatação permite afirmar que, na análise anterior, o principal limitador do Solver é a mão-de-obra e, nessa análise, é o capital de giro. A quantidade produzida diminui em vinte unidades em relação às vendas atuais. O que explica o consumo total da capacidade de produção é o fato de produzir maior quantidade de produtos que consomem mais tempo e menos matéria-prima, oferecendo um melhor resultado.



fonte dados da pesquisa

Gráfico 1: Comparativo de Quantidades Vendidas

O gráfico 1 permite melhor identificar as variações ocorridas nas quantidades de produção de cada produto, podendo assim perceber quais os produtos que deixam de ser interessantes e os que oferecem um melhor resultado nas condições impostas.

Destaca-se, no mix acima, o produto 1019/27 que deixou de ser o segundo mais vendido, reduzindo em 65,4% a quantidade vendida. Em outra ponta, o produto 1019/29 apresenta um aumento de 37,5%, passando de 64 unidades para 88.

CONCLUSÃO

Os recursos disponíveis para utilização na organização são mutuamente excludentes. Uma mesma matéria-prima pode ser utilizada para produzir dois produtos diferentes. O mesmo vale para as máquinas, para os recursos humanos e financeiros. Mas como avaliar se a empresa está utilizando corretamente esses recursos? Como saber se o que está produzindo vai maximizar os recursos investidos? Qual é o melhor mix de produção e vendas que maximize a capacidade instalada? A Programação Linear, agregada a pesquisa operacional e a teoria das restrições podem ajudar o administrador nesta tarefa. Com essa combinação de metodologias é possível avaliar o nível de otimização dos recursos da organização.

Esse trabalho teve como objetivo apresentar, através da programação linear em conjunto com a teoria das restrições e a pesquisa operacional, um modelo de gestão de produção, em que o administrador possa interagir, simulando cenários e, conseqüentemente, melhorando o processo de tomada de decisões.

Ao utilizar-se da programação linear, através da ferramenta Solver, levando-se em consideração as restrições do sistema, constatou-se que a empresa tem condições de aumentar o faturamento em 15,07%, e o resultado de 24,71%, somente com a otimização dos recursos da empresa. Esse aumento é possível ajustando o mix de produção, sem alterar a capacidade de produção e os recursos já utilizados pela empresa.

Sabendo-se da dificuldade que as empresas enfrentam, principalmente as de pequeno porte, em dispor de recursos para novos investimentos, a utilização dessas ferramentas auxilia o gestor a maximizar os resultados com os recursos já existentes e ajuda a evidenciar quais são as áreas problemáticas dentro da empresa, isto é, quais são os gargalos de produção que devem contemplar os novos investimentos.

Portanto, o estudo de caso, fortalece afirmações consagradas que precisamos de uma excelente coleta de dados obtida pela Pesquisa Operacional, detalhada e confiável, para que se possa trabalhar o dado e traduzi-lo em informações relevantes e úteis. E esta associada a utilização dos conceitos da Programação Linear combinados com os conceitos da Teoria das Restrições permitem um melhor controle da utilização dos recursos numa organização, disciplinando a análise e permitindo a escolha ou redirecionamento de objetivos e estratégias que se traduzam em melhores resultados e maior retorno sobre o investimento.

O Administrador, de posse dessas informações, poderá gerenciar suas vendas e, o que é mais importante, saber quanto vai ganhar ou perder ao vender determinado produto. O sistema permite avaliar o impacto no resultado quando uma das inúmeras variáveis é alterada, podendo estabelecer ações preventivas, tendo o controle de qual recurso deve ser priorizado para obter-se o maior retorno do investimento efetuado.

A Programação Linear permite, ainda, uma infinidade de análises, cabendo apenas ao administrador inserir as variáveis que ele deseja controlar, sem nunca perder o foco no objetivo final da empresa: produzir o máximo com os recursos disponíveis para assim ter o melhor retorno. Contudo, é fundamental reforçar que se a coleta de dados for deficiente a

programação estar comprometida, à medida que processará um dado inadequado. O valor esta na escolha das variáveis, no caso as restrições propostas e na certeza do dado coletado, pois o programa executará apenas o cálculo.

Do ponto de vista científico, esse trabalho buscou unir a teoria das restrições, a pesquisa operacional com a programação linear, atingindo seu objetivo, pois, como demonstrado, há possibilidade de utilização dessas na gestão da empresa.

REFERÊNCIAS

- BERNARDI, Luiz Antonio. **Política e Formação de Preço: Uma Abordagem Competitiva, Sistêmica e Integrada**. São Paulo: Atlas, 1996.
- BERNARDO, Mauro Santo. **Desenvolvimento da contabilidade de Custos e o Progresso tecnológico: “Origens e Desenvolvimentos até 1914”**. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 1996.
- CORBETT NETO, Thomas. **Contabilidade de Ganhos: A Nova Contabilidade Gerencial de acordo com a Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel, 1997.
- FLORENTINO, A. M. **Custos: Princípios, Cálculos e Contabilização**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, Serviço de Publicações, 1983.
- GARCÍA, Norberto. **Contabilidade de Gestão**. Córdoba. Universidade de Córdoba. Argentina. 1998.
- GARRISON, Ray H.; NOREEN, Eric W. **Contabilidade Gerencial**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- GONÇALVES, A.; KOPROWINSKI, S. O.. **Pequena Empresa no Brasil**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, Editora da Universidade de São Paulo, 1995.
- GUERREIRO, Reinaldo. **A Meta da Empresa: Seu Alcance Sem Mistérios**. São Paulo: Atlas 1999.
- HORGREN, C. T. **Contabilidade de Custos: Um Enfoque Administrativo**. São Paulo: Atlas, 1978.
- JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. S. **Contabilidade Gerencial: a Restauração da Relevância da Contabilidade nas Empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- KUHNEN, Osmar Leonardo. **Métodos Quantitativos**. Pós Graduação em Auditoria e Perícia, 2002.
- LEONE, G. S. G. **Custos: um Enfoque Administrativo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, Serviços de Publicações, 1991.
- MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- _____, _____. **Contabilidade de Custos: Inclui o ABC**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- SANTOS, V. R. **Moldagem de Sistema de Custeio**. *Revista de Contabilidade do Conselho Regional de Contabilidade do Estado de São Paulo*. Ano II, nº 4, p. 62-74, março de 1998.
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Contextos, Paradigmas e Sistema de Custeio**. In *Congresso Gestão Estratégica de Custos*, V. Fortaleza, 1998. *Anais*. Fortaleza, SEBRAE / SE, 1991, v. 1, p. 141-156.
- VANDERBECK, José Carlos. **Formação de Preço: A Arte do Negócio**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5º ed. São Paulo: Atlas, 2004.